

RO/CH

PCT/CH 03 / 007 68  
19. Jan. 2004 ( 19. 01. 2004 )



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

REC'D 26 JAN 2004

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03405748.9

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:  
Application no.: 03405748.9  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 17.10.03  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

ABB RESEARCH LTD.  
Affolternstrasse 52  
8050 Zürich  
SUISSE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

H02M/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL  
PT RO SE SI SK TR LI

5

## 10      **Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus**

### **BESCHREIBUNG**

15

#### **Technisches Gebiet**

20      Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Leistungselektronik. Sie geht aus von einer Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs.

#### 25      **Stand der Technik**

Umrichterschaltungen werden heute in einer Fülle von leistungselektronischen Anwendungen eingesetzt. Die Anforderungen an eine solche Umrichterschaltung sind dabei zum einen, möglichst wenig Oberschwingungen an Phasen eines an die Umrichterschaltung gängiger-  
30      weise angeschlossenen elektrischen Wechselspannungsnetzes zu erzeugen und zum anderen mit einer möglichst geringen Anzahl an elektronischen Bauelementen möglichst grosse Leistungen zu übertragen. Eine geeignete Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus ist in der DE 692 05 413 T2 angegeben. Darin sind n erste

Schaltgruppen für jede Phase vorgesehen, welche erste Schaltgruppen jeweils durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter und durch einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter verbundenen Kondensator gebildet sind, wobei  $n \geq 1$  ist. Jede der  $n$  ersten Schaltgruppen ist parallel mit der jeweils be-

5 nachbarten ersten Schaltgruppe verbunden, wobei der erste und der zweite Leistungshalbleiterschalter der ersten ersten Schaltgruppe miteinander verbunden sind. Der erste und der zweite Leistungshalbleiterschalter ist jeweils durch einen Bipolartransistor mit isoliert angeordneter Ansteuerelektrode (IGBT - Insulated Gate Bipolartransistor) und durch eine dem Bipolartransistor antiparallel geschaltete Diode gebildet.

10 Problematisch bei einer Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus nach der DE 692 05 413 T2 ist, dass die in der Umrichterschaltung während des Betriebs gespeicherte elektrische Energie sehr hoch ist. Da die elektrische Energie in den Kondensatoren der  $n$  ersten Schaltgruppen der Umrichterschaltung gespeichert ist,

15 müssen die Kondensatoren für diese elektrische Energie, d.h. bezüglich ihre Spannungsfestigkeit und/oder ihrer Kapazität, ausgelegt werden. Dies bedingt aber Kondensatoren mit grosser Baugrösse, die entsprechend teuer sind. Zudem benötigt die Umrichterschaltung aufgrund der bezüglich der Baugrösse grossen Kondensatoren viel Platz, so dass ein platzsparender Aufbau, wie er für viele Anwendungen, beispielsweise für Traktionsanwendungen,

20 gefordert ist, nicht möglich ist. Weiterhin bewirkt der Einsatz der bezüglich der Baugrösse grossen Kondensatoren einen hohen Montage- und Wartungsaufwand.

### **Darstellung der Erfindung**

25 Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus anzugeben, die möglichst wenig elektrische Energie während ihres Betriebes speichert und platzsparend realisiert werden kann. Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung angegeben.

30

Die erfindungsgemässe Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus umfasst  $n$  für jede Phase vorgesehene erste Schaltgruppen, welche jeweils

durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter und durch einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter verbundenen Kondensator gebildet sind, wobei  $n \geq 1$  ist. Jede der  $n$  ersten Schaltgruppen ist parallel mit der jeweils benachbarten ersten Schaltgruppe verbunden und der erste und der zweite Leistungshalbleiterschalter der ersten ersten Schaltgruppe sind miteinander verbunden. Erfindungsgemäss sind  $p$  zweite Schaltgruppen und  $p$  dritte Schaltgruppen vorgesehen, welche jeweils durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter und durch einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter verbundenen Kondensator gebildet sind, wobei  $p \geq 2$  ist und jede der  $p$  zweiten Schaltgruppen parallel mit der jeweils benachbarten zweiten Schaltgruppe verbunden ist. Jede der  $p$  dritten Schaltgruppen ist parallel mit der jeweils benachbarten dritten Schaltgruppe verbunden und die erste zweite Schaltgruppe ist mit dem Kondensator der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe verbunden und die erste dritte Schaltgruppe ist mit dem Kondensator der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe verbunden. Weiterhin ist der Kondensator der  $p$ -ten zweiten Schaltgruppe mit dem Kondensator der  $p$ -ten dritten Schaltgruppe seriell verbunden. Durch die vorgesehenen  $p$  zweiten Schaltgruppen und  $p$  dritten Schaltgruppen und deren vorstehend beschriebenen Verbindungen sind die  $p$  zweiten Schaltgruppen beispielsweise nur bei der positiven Halbschwingung bezüglich der Phasenausgangswechselspannung und die  $p$  dritten Schaltgruppen nur bei der negativen Halbschwingung am Betrieb der erfindungsgemässen Umrichterschaltung beteiligt. Dadurch kann die in der Umrichterschaltung, insbesondere in den Kondensatoren der  $p$  zweiten und dritten Schaltgruppen, gespeicherte elektrische Energie vorteilhaft reduziert werden. Weiterhin dienen die  $n$  ersten Schaltgruppen nur zur Balancierung der Phasenausgangswechselspannung, so dass die Kondensatoren der  $n$  ersten Schaltgruppen im balancierten Zustand im wesentlichen keinen Strom führen und somit auch im wesentlichen keine elektrische Energie speichern. Somit kann die gespeicherte elektrische Energie der Umrichterschaltung insgesamt klein gehalten werden, wodurch die Kondensatoren der Umrichterschaltung nur für eine kleine zu speichernde elektrische Energie, d.h. bezüglich ihre Spannungsfestigkeit und/oder ihrer Kapazität, ausgelegt werden müssen. Aufgrund der geringen Baugrösse der Kondensatoren benötigt die Umrichterschaltung sehr wenig Platz, so dass vorteilhaft ein platzsparender Aufbau, wie er für viele Anwendungen, beispielsweise für Traktionsanwendungen, gefordert ist, möglich ist. Zudem kann durch die geringe Baugrösse der Kondensatoren auch der Montage- und Wartungsaufwand vorteilhaft gering gehalten werden.

Diese und weitere Aufgaben, Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit der Zeichnung offensichtlich.

5

### **Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

Es zeigen:

- 10 Fig. 1 eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemässen Umrichterschaltung,
- Fig. 2 eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung,
- Fig. 3 eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung und
- 15 Fig. 4 eine vierte Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung.

Die in der Zeichnung verwendeten Bezugszeichen und deren Bedeutung sind in der Bezugszeichenliste zusammengefasst aufgelistet. Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen. Die beschriebenen Ausführungsformen stehen beispielhaft für den Erfindungsgegenstand und haben keine beschränkende Wirkung.

20

### **Wege zur Ausführung der Erfindung**

25

In Fig. 1 ist eine, insbesondere einphasige, erste Ausführungsform einer erfindungsgemässen Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus gezeigt. Darin umfasst die Umrichterschaltung  $n$  für jede Phase R, S, T vorgesehene erste Schaltgruppen 1.1,..., 1. $n$ , welche jeweils durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter 2 und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter 3 und durch einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3 verbundenen Kondensator 4 gebildet sind, wobei  $n \geq 1$  ist und jede der  $n$  ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1. $n$  parallel mit der jeweils benachbarten ersten Schaltgruppe 1.1,...,1. $n$  verbunden ist, d.h. dass die  $n$ -te erste Schaltgruppe 1. $n$  mit der ( $n$ -

30

1)-ten ersten Schaltgruppe 1.(n-1) und die (n-1)-ten ersten Schaltgruppe 1.(n-1) mit der (n-2)-ten ersten Schaltgruppe 1.(n-2) usw. parallel verbunden ist. Gemäss Fig.1 sind der erste und der zweite Leistungshalbleiterschalter 2, 3 der ersten ersten Schaltgruppe 1.1 miteinander verbunden. Der Verbindungspunkt des ersten und des zweiten Leistungshalbleiterschalters 2, 3 der ersten ersten Schaltgruppe 1.1 bildet gemäss Fig. 1 eine Phasenanschluss, insbesondere für die Phase R.

Erfindungsgemäss sind nun gemäss Fig. 1 p zweite Schaltgruppen 5.1, ..., 5.p und p dritte Schaltgruppen 6.1, ..., 6.p vorgesehen, welche jeweils durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter 2 und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter 3 und durch einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3 verbundenen Kondensator 4 gebildet sind, wobei  $p \geq 2$  ist und jede der p zweiten Schaltgruppen 5.1, ..., 5.p parallel mit der jeweils benachbarten zweiten Schaltgruppe 5.1, ..., 5.p verbunden ist, d.h. dass die p-te zweite Schaltgruppe 5.p mit der (p-1)-ten zweiten Schaltgruppe 5.(p-1) und die (p-1)-ten zweite Schaltgruppe 5.(p-1) mit der (p-2)-ten zweiten Schaltgruppe 5.(p-2) usw. parallel verbunden ist. Weiterhin ist gemäss Fig. 1 jede der p dritten Schaltgruppen 6.1, ..., 6.p parallel mit der jeweils benachbarten dritten Schaltgruppe 6.1, ..., 6.p verbunden, d.h. dass die p-te dritte Schaltgruppe 6.p mit der (p-1)-ten dritten Schaltgruppe 6.(p-1) und die (p-1)-ten dritte Schaltgruppe 6.(p-1) mit der (p-2)-ten dritten Schaltgruppe 6.(p-2) usw. parallel verbunden ist. Desweiteren ist die erste zweite Schaltgruppe 5.1 mit dem Kondensator 4 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n verbunden. Darüber hinaus ist die erste dritte Schaltgruppe 6.1 nach Fig. 1 mit dem Kondensator 4 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n verbunden. Schliesslich ist der Kondensator 4 der p-ten zweiten Schaltgruppe 5.p mit dem Kondensator 4 der p-ten dritten Schaltgruppe 6.p seriell verbunden. Mittels der vorgesehenen p zweiten Schaltgruppen 5.1, ..., 5.p und p dritten Schaltgruppen 6.1, ..., 6.p und deren beschriebenen Verbindungen jeweils untereinander, zueinander und zu der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n sind die p zweiten Schaltgruppen 5.1, ..., 5.p beispielsweise nur bei der positiven Halbschwingung bezüglich der Phasenausgangsspannung und die p dritten Schaltgruppen 6.1, ..., 6.p nur bei der negativen Halbschwingung bezüglich der Phasenausgangsspannung am Betrieb der erfindungsgemässen Umrichterschaltung beteiligt. Somit kann die in der Umrichterschaltung, insbesondere in den Kondensatoren 4 der p zweiten und dritten Schaltgruppen 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p, gespeicherte elektrische Energie vorteilhaft reduziert werden. Ferner dienen die n ersten Schaltgruppen 1.1,...,1.n lediglich zur Balancierung der Phasenausgangsspannung,

so dass die Kondensatoren 4 der n ersten Schaltgruppen 1.1,...,1.n im balancierten, d.h. im ausgeglichenen Zustand der Phasenausgangsspannung im wesentlichen keinen Strom führen und somit auch im wesentlichen keine elektrische Energie speichern. Damit kann die gespeicherte elektrische Energie der erfindungsgemässen Umrichterschaltung insgesamt klein gehalten werden, wodurch die Kondensatoren 4 der Umrichterschaltung nur für eine kleine zu speichernde elektrische Energie, d.h. bezüglich ihre Spannungsfestigkeit und/oder ihrer Kapazität, ausgelegt werden müssen. Aufgrund der geringen Baugrösse der Kondensatoren 4 benötigt die Umrichterschaltung ein Minimum an Platz, so dass vorteilhaft ein platzsparender Aufbau, wie er für viele Anwendungen, beispielsweise für Traktionsanwendungen, gefordert ist, ermöglicht ist. Desweiteren kann durch die geringe Baugrösse der Kondensatoren 4 auch der Montage- und Wartungsaufwand vorteilhaft klein gehalten werden.

In Fig. 2 ist eine, insbesondere einphasige, zweite Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus dargestellt. Darin entspricht die Anzahl der n ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n der Anzahl der p zweiten und dritten Schaltgruppen 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p entspricht. In Fig. 2 sind dies dann n=2 erste Schaltgruppen 1.1, 1.2 und p=2 zweite Schaltgruppen 5.1, 5.2 und p=2 dritte Schaltgruppen 6.1, 6.2. Entspricht die Anzahl der n ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n der Anzahl der p zweiten und dritten Schaltgruppen 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p, so können vorteilhaft allgemein  $(2n+1)$  Schaltspannungsniveaus der erfindungsgemässen Umrichterschaltung geschaltet werden, d.h. bei n=2 gemäss Fig. 2 können dann fünf Schaltspannungsniveaus geschaltet werden.

Es ist aber auch denkbar, dass die Anzahl der n ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n kleiner als die Anzahl der p zweiten und dritten Schaltgruppen 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p ist. Daraus resultiert vorteilhaft, dass weniger erste Schaltgruppen 1.1,..., 1.n und damit weniger erste und zweite Leistungshalbleiterschalter 2, 3 und weniger Kondensatoren 4 benötigt werden und die erfindungsgemässe Umrichterschaltung somit insgesamt weiter bezüglich ihres Platzbedarfes reduziert werden kann.

Weiterhin ist es auch denkbar, dass bei den n ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n und bei den p zweiten Schaltgruppen 5.1, ..., 5.p und bei den p dritten Schaltgruppen 6.1, ..., 6.p  $n \geq 1$  und



$p \geq 1$  ist oder dass die Anzahl der  $n$  ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1. $n$  grösser als die Anzahl der  $p$  zweiten und dritten Schaltgruppen 5.1, ..., 5. $p$ ; 6.1, ..., 6. $p$  ist.

Gemäss Fig. 1 und Fig. 2 sind der erste und zweite Leistungshalbleiterschalter 2, 3 der ersten zweiten Schaltgruppe 5.1 miteinander verbunden, wobei der Verbindungspunkt des ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalters 2, 3 der ersten zweiten Schaltgruppe 5.1 mit dem Kondensator 4 der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe 1. $n$  verbunden ist. Weiterhin sind nach Fig. 1 und Fig. 2 der erste und zweite Leistungshalbleiterschalter 2, 3 der ersten dritten Schaltgruppe 6.1 miteinander verbunden, wobei der Verbindungspunkt des ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalters 2, 3 der ersten dritten Schaltgruppe 6.1 mit dem Kondensator (4) der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe 1. $n$  verbunden ist.

Vorzugsweise ist der erste Leistungshalbleiterschalter 2 und der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 einer jeden Schaltgruppe 1.1,..., 1. $n$ ; 5.1, ..., 5. $p$ ; 6.1, ..., 6. $p$  ein bidirektionaler Leistungshalbleiterschalter, wie bei den Ausführungsformen gemäss Fig. 1 und Fig. 2 gezeigt.

In Fig. 3 ist eine, insbesondere einphasige, dritte Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus gezeigt. Gemäss Fig. 3 ist der erste Leistungshalbleiterschalter 2 einer jeden ersten und einer jeden zweiten Schaltgruppe 1.1,..., 1. $n$ ; 5.1, ..., 5. $p$  ein bidirektionaler Leistungshalbleiterschalter. Ferner ist der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 einer jeden ersten Schaltgruppe 1.1,..., 1. $n$  und einer jeden dritten Schaltgruppe 6.1, ..., 6. $p$  ein bidirektionaler Leistungshalbleiterschalter. Im Unterschied zur ersten und zweiten Ausführungsform gemäss Fig. 1 beziehungsweise Fig. 2 ist der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 einer jeden zweiten Schaltgruppe 5.1, ..., 5. $p$  und der erste Leistungshalbleiterschalter 2 einer jeden dritten Schaltgruppe 6.1, ..., 6. $p$  ein unidirektionaler Leistungshalbleiterschalter. Durch diese Massnahme kann die erfindungsgemässe Umrichterschaltung weiter vereinfacht werden.

In Fig. 4 ist eine, insbesondere einphasige, vierte Ausführungsform der erfindungsgemässen Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus dargestellt. Darin ist der erste Leistungshalbleiterschalter 2 und der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 einer jeden ersten Schaltgruppe 1.1,..., 1. $n$  ein bidirektionaler Leistungshalbleiterschalter.

Desweiteren ist der erste Leistungshalbleiterschalter 2 und der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 einer jeden zweiten Schaltgruppe 5.1, ..., 5.p und einer jeden dritten Schaltgruppe 6.1, ..., 6.p ein unidirektionalen Leistungshalbleiterschalter. Durch diese Massnahme ist die erfindungsgemässe Umrichterschaltung ein Gleichrichter, der sehr einfach und zudem platzsparend realisiert ist, da er mit einer minimalen Anzahl an bidirektionalen Leistungshalbleiterschalter auskommt.

Vorzugsweise ist der jeweilige bidirektionale Leistungshalbleiterschalter der Ausführungsformen der erfindungsgemässen Umrichterschaltung nach Fig. 1 bis Fig. 4 durch ein ansteuerbares elektronisches Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung, beispielsweise durch einen Bipolartransistor mit isoliert angeordneter Ansteuerelektrode (IGBT - Insulated Gate Bipolartransistor), und durch ein dazu antiparallel geschaltetes passives nicht ansteuerbares elektronisches Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung, beispielsweise durch eine Diode gebildet. Die gemäss Fig. 1 und Fig. 2 als bidirektionale Leistungshalbleiterschalter ausgebildeten ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3 sind innerhalb der jeweiligen Schaltgruppe 1.1, ..., 1.n; 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p derart verschaltet, dass sie eine entgegengesetzte gesteuerte Hauptstromrichtung aufweisen, d.h. die ansteuerbaren elektronischen Bauelemente mit unidirektionaler Stromführungsrichtung eine zueinander entgegengesetzte gesteuerte Hauptstromrichtung aufweisen. Darüber hinaus sind die passiven nicht ansteuerbaren elektronischen Bauelemente mit unidirektionaler Stromführungsrichtung der ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3 gemäss Fig. 1 und Fig. 2 innerhalb der jeweiligen Schaltgruppe 1.1, ..., 1.n; 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p derart verschaltet, dass sie eine zueinander entgegengesetzte gesteuerte Stromrichtung aufweisen.

Weiterhin ist der jeweilige unidirektionale Leistungshalbleiterschalter gemäss den Ausführungsformen der erfindungsgemässen Umrichterschaltung nach Fig. 3 und Fig. 4 vorzugsweise durch ein passives nicht ansteuerbares elektronischen Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung, beispielsweise durch eine Diode gebildet. Wie bereits erwähnt, kann die erfindungsgemässe Umrichterschaltung gemäss Fig. 3 und Fig. 4 durch diese Massnahme weiter dahingehend vereinfacht werden, dass weniger ansteuerbare elektronische Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung benötigt werden und der Ansteueraufwand somit signifikant reduziert werden kann. Die gemäss Fig. 3 und Fig. 4 als bidirektionale Leistungshalbleiterschalter ausgebildeten ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3

sind innerhalb der jeweiligen ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n derart verschaltet, dass sie eine entgegengesetzte gesteuerte Hauptstromrichtung aufweisen, d.h. die ansteuerbaren elektronischen Bauelemente mit unidirektionaler Stromführungsrichtung eine zueinander entgegengesetzte gesteuerte Hauptstromrichtung aufweisen. Ferner ist gemäss Fig. 3 bei der jeweiligen zweiten und dritten Schaltgruppe 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p das passive nicht ansteuerbare elektronische Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung des ersten beziehungsweise zweiten Leistungshalbleiterschalters 2, 3 und das ansteuerbare elektronische Bauelemente mit unidirektionaler Stromführungsrichtung des ersten beziehungsweise zweiten Leistungshalbleiterschalters 2, 3 innerhalb der jeweiligen zweiten und dritten Schaltgruppe 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p derart verschaltet, dass sie eine zueinander entgegengesetzte Stromrichtung aufweisen. Schliesslich sind die gemäss Fig. 4 als unidirektionalen Leistungshalbleiterschalter ausgebildeten ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3 innerhalb der jeweiligen zweiten und dritten Schaltgruppe 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p derart verschaltet, dass sie eine zueinander entgegengesetzte Stromrichtung aufweisen.

Es hat sich zudem als sehr vorteilhaft erwiesen, bei den n ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n die zwei ersten Leistungshalbleiterschalter 2 jeweils benachbarter erster Schaltgruppen 1.1,..., 1.n in einem Modul zu integrieren, d.h. dass der erste Leistungshalbleiterschalter 2 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n und der erste Leistungshalbleiterschalter 2 der (n-1)-ten ersten Schaltgruppe 1.(n-1) in einem Modul integriert sind und der erste Leistungshalbleiterschalter 2 der (n-1)-ten ersten Schaltgruppe 1.(n-1) und der erste Leistungshalbleiterschalter 2 der (n-2)-ten ersten Schaltgruppe 1.(n-2) in einem Modul integriert sind usw.. Weiterhin hat es sich als vorteilhaft erwiesen, bei den n ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n die zwei zweiten Leistungshalbleiterschalter 3 jeweils benachbarter erster Schaltgruppen 1.1,..., 1.n in einem Modul zu integrieren, d.h. dass der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 der n-ten ersten Schaltgruppe 1.n und der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 der (n-1)-ten ersten Schaltgruppe 1.(n-1) in einem Modul integriert sind und der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 der (n-1)-ten ersten Schaltgruppe 1.(n-1) und der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 der (n-2)-ten ersten Schaltgruppe 1.(n-2) in einem Modul integriert sind usw.. Solche Module sind gängigerweise Standard-Halbbrücken-Module und dementsprechend einfach aufgebaut, wenig stör anfällig und zudem kostengünstig. Ferner hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dass bei den p zweiten Schaltgruppen 5.1,..., 5.p die zwei ersten Leistungshalbleiterschalter 2 jeweils benachbarter zweiter Schaltgruppen 5.1,..., 5.p in einem Modul und die zwei zweiten Leis-

tungshalbleiterschalter 3 jeweils benachbarter zweiter Schaltgruppen 5.1,..., 5.p in einem Modul nach der vorstehend für die ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n detailliert beschriebenen Weise zu integrieren. Darüber hinaus hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dass bei den p dritten Schaltgruppen 6.1,..., 6.p die zwei ersten Leistungshalbleiterschalter 2 jeweils benach-  
5 barter dritter Schaltgruppen 6.1,..., 6.p in einem Modul und die zwei zweiten Leistungshalbleiterschalter 3 jeweils benachbarter dritter Schaltgruppen 6.1,..., 6.p in einem Modul nach der vorstehend für die ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n detailliert beschriebenen Weise zu integrieren. Es versteht sich, dass die vorstehend detailliert erläuterte Integration der jeweiligen ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3 für sämtliche Ausführungsformen der er-  
10 findungsgemässen Umrichterschaltung gemäss Fig. 1 bis Fig. 4 gilt.

Es ist aber auch denkbar, bei den n ersten Schaltgruppen 1.1,..., 1.n, bei den p zweiten und dritten Schaltgruppen 5.1,..., 5.p; 6.1,..., 6.p jeweils den ersten Leistungshalbleiterschalter 2 und den zweiten Leistungshalbleiterschalter 3 in einem Modul zu integrieren. Wie bereits er-  
15 wähnt sind solche Module sind üblicherweise Standard-Halbbrücken-Module und dementsprechend einfach aufgebaut, wenig stör anfällig und zudem kostengünstig. Es versteht auch hier sich, dass die vorstehend detailliert erläuterte Integration der jeweiligen ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter 2, 3 für sämtliche Ausführungsformen der erfindungsgemässen Umrichterschaltung gemäss Fig. 1 bis Fig. 4 gilt.

20 Bei einer mehrphasig zu realisierenden erfindungsgemässen Umrichterschaltung sind die p-ten zweiten Schaltgruppen 5.p der Phasen R, S, T vorzugsweise parallel miteinander verbunden und die p-ten dritten Schaltgruppen 6.p der Phasen R, S, T parallel miteinander verbunden. Die jeweiligen Verbindungen erfolgen an den Kondensatoren 4 der jeweiligen p-ten  
25 zweiten Schaltgruppen 5.p beziehungsweise an den Kondensatoren 4 der jeweiligen p-ten dritten Schaltgruppen 6.p.

Um vorteilhaft bei einer mehrphasig realisierten Umrichterschaltung Platz einsparen zu können sind die Kondensatoren 4 der p-ten zweiten Schaltgruppen 5.p der Phasen R, S, T vorzugsweise zu einem Kondensator zusammengefasst. Zudem sind die Kondensatoren 4 der  
30 p-ten dritten Schaltgruppen 6.p der Phasen R, S, T vorzugsweise ebenfalls zu einem Kondensator zusammengefasst.

- 11 -

Insgesamt stellt die erfindungsgemäße Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus somit eine durch eine geringe gespeicherte elektrische Energie während ihres Betriebes und durch einen platzsparenden Aufbau gekennzeichnete und damit unkomplizierte, robuste und wenig störungsanfällige Lösung dar.

**Bezugszeichenliste**

	1.1, ..., 1.n	erste Schaltgruppen
5	2	erster Leistungshalbleiterschalter
	3	zweiter Leistungshalbleiterschalter
	4	Kondensator
	5.1, ..., 5.p	zweite Schaltgruppen
	6.1, ..., 6.p	dritte Schaltgruppen
10		

**PATENTANSPRÜCHE**

1. Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus, mit  $n$  für  
5 jede Phase (R, S, T) vorgesehenen ersten Schaltgruppen (1.1,..., 1.n), welche jeweils  
durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter (2) und einen zweiten Leistungshalbleiter-  
schalter (3) und durch einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter (2,  
3) verbundenen Kondensator (4) gebildet sind, wobei  $n \geq 1$  ist und jede der  $n$  ersten  
10 Schaltgruppen (1.1,..., 1.n) parallel mit der jeweils benachbarten ersten Schaltgruppe  
(1.1,...,1.n) verbunden ist und der erste und der zweite Leistungshalbleiterschalter (2, 3)  
der ersten ersten Schaltgruppe (1.1) miteinander verbunden sind,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass  $p$  zweite Schaltgruppen (5.1, ..., 5.p) und  $p$  dritte Schaltgruppen (6.1, ..., 6.p) vor-  
15 gesehen sind, welche jeweils durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter (2) und ei-  
nen zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) und durch einen mit dem ersten und zweiten  
Leistungshalbleiterschalter (2, 3) verbundenen Kondensator (4) gebildet sind, wobei  $p \geq$   
2 ist und jede der  $p$  zweiten Schaltgruppen (5.1, ..., 5.p) parallel mit der jeweils benach-  
barten zweiten Schaltgruppe (5.1, ..., 5.p) verbunden ist und jede der  $p$  dritten Schalt-  
20 gruppen (6.1, ..., 6.p) parallel mit der jeweils benachbarten dritten Schaltgruppe (6.1, ...,  
6.p) verbunden ist und die erste zweite Schaltgruppe (5.1) mit dem Kondensator (4) der  
 $n$ -ten ersten Schaltgruppe (1.n) verbunden ist und die erste dritte Schaltgruppe (6.1) mit  
dem Kondensator (4) der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe (1.n) verbunden ist, und  
dass der Kondensator (4) der  $p$ -ten zweiten Schaltgruppe (5.p) mit dem Kondensator (4)  
der  $p$ -ten dritten Schaltgruppe (6.p) seriell verbunden ist.  
25
2. Umrichterschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der  $n$   
ersten Schaltgruppen (1.1,..., 1.n) der Anzahl der  $p$  zweiten und dritten Schaltgruppen  
(5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p) entspricht.
- 30 3. Umrichterschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der  $n$   
ersten Schaltgruppen (1.1,..., 1.n) kleiner als die Anzahl der  $p$  zweiten und dritten  
Schaltgruppen (5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p) ist.

4. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass  
der erste und zweite Leistungshalbleiterschalter (2, 3) der ersten zweiten Schaltgruppe  
(5.1) miteinander verbunden sind, wobei der Verbindungspunkt des ersten und zweiten  
5 Leistungshalbleiterschalters (2, 3) der ersten zweiten Schaltgruppe (5.1) mit dem Kon-  
densator (4) der n-ten ersten Schaltgruppe (1.n) verbunden ist, und  
dass der erste und zweite Leistungshalbleiterschalter (2, 3) der ersten dritten Schalt-  
gruppe (6.1) miteinander verbunden sind, wobei der Verbindungspunkt des ersten und  
zweiten Leistungshalbleiterschalters (2, 3) der ersten dritten Schaltgruppe (6.1) mit dem  
10 Kondensator (4) der n-ten ersten Schaltgruppe (1.n) verbunden ist.
5. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass  
der erste Leistungshalbleiterschalter (2) und der zweite Leistungshalbleiterschalter (3)  
einer jeden Schaltgruppe (1.1,..., 1.n; 5.1, ..., 5.p; 6.1, ..., 6.p) ein bidirektionalen Lei-  
15 stungshalbleiterschalter ist.
6. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass  
der erste Leistungshalbleiterschalter (2) einer jeden ersten und einer jeden zweiten  
Schaltgruppe (1.1,..., 1.n; 5.1, ..., 5.p) ein bidirektionalen Leistungshalbleiterschalter ist,  
20 dass der zweite Leistungshalbleiterschalter (3) einer jeden ersten Schaltgruppe (1.1,...,  
1.n) und einer jeden dritten Schaltgruppe (6.1, ..., 6.p) ein bidirektionalen Leistungshalb-  
leiterschalter ist, und  
dass der zweite Leistungshalbleiterschalter (3) einer jeden zweiten Schaltgruppe (5.1, ...,  
5.p) und der erste Leistungshalbleiterschalter (2) einer jeden dritten Schaltgruppe (6.1,  
25 ..., 6.p) ein unidirektionalen Leistungshalbleiterschalter ist.
7. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass  
der erste Leistungshalbleiterschalter (2) und der zweite Leistungshalbleiterschalter (3)  
einer jeden ersten Schaltgruppe (1.1,..., 1.n) ein bidirektionalen Leistungshalbleiterschalt-  
30 ter ist, und  
dass der erste Leistungshalbleiterschalterschalter (2) und der zweite Leistungshalbleiter-  
schalter (3) einer jeden zweiten Schaltgruppe (5.1, ..., 5.p) und einer jeden dritten  
Schaltgruppe (6.1, ..., 6.p) ein unidirektionalen Leistungshalbleiterschalter ist.



8. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der bidirektionale Leistungshalbleiterschalter durch ein ansteuerbares elektronisches Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung und durch ein dazu antiparallel geschaltetes passives nicht ansteuerbares elektronisches Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung gebildet ist.
9. Umrichterschaltung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der unidirektionale Leistungshalbleiterschalter durch ein passives nicht ansteuerbares elektronisches Bauelement mit unidirektionaler Stromführungsrichtung gebildet ist.
10. Umrichterschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei den n ersten Schaltgruppen (1.1,..., 1.n) die zwei ersten Leistungshalbleiterschalter (2) jeweils benachbarter erster Schaltgruppen (1.1,..., 1.n) in einem Modul integriert sind und die zwei zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) jeweils benachbarter erster Schaltgruppen (1.1,..., 1.n) in einem Modul integriert sind.
11. Umrichterschaltung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass bei den p zweiten Schaltgruppen (5.1,..., 5.p) die zwei ersten Leistungshalbleiterschalter (2) jeweils benachbarter zweiter Schaltgruppen (5.1,..., 5.p) in einem Modul integriert sind und die zwei zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) jeweils benachbarter zweiter Schaltgruppen (5.1,..., 5.p) in einem Modul integriert sind, und dass bei den p dritten Schaltgruppen (6.1,..., 6.p) die zwei ersten Leistungshalbleiterschalter (2) jeweils benachbarter dritter Schaltgruppen (6.1,..., 6.p) in einem Modul integriert sind und die zwei zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) jeweils benachbarter dritter Schaltgruppen (6.1,..., 6.p) in einem Modul integriert sind.
12. Umrichterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass bei den n ersten Schaltgruppen (1.1,..., 1.n) und bei den p zweiten und dritten Schaltgruppen (5.1,..., 5.p; 6.1,..., 6.p) jeweils der erste Leistungshalbleiterschalter 2 und der zweite Leistungshalbleiterschalter 3 in einem Modul integriert ist.

- 16 -

13. Umrichterschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei mehreren Phasen (R, S, T) die p-ten zweiten Schaltgruppen (5.p) der Phasen (R, S, T) parallel miteinander verbunden sind und die p-ten dritten Schaltgruppen (6.p) der Phasen (R, S, T) parallel miteinander verbunden sind.

5

14. Umrichterschaltung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Kondensatoren (4) der p-ten zweiten Schaltgruppen (5.p) der Phasen (R, S, T) zu einem Kondensator, zusammengefasst sind, und  
dass die Kondensatoren (4) der p-ten dritten Schaltgruppen (6.p) der Phasen (R, S, T)  
zu einem Kondensator zusammengefasst sind.

10

## ZUSAMMENFASSUNG

Es wird eine Umrichterschaltung zur Schaltung einer Vielzahl von Schaltspannungsniveaus

5 angegeben, die  $n$  für jede Phase (R, S, T) vorgesehene erste Schaltgruppen (1.1,..., 1. $n$ ) aufweist, welche jeweils durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter (2) und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) und durch einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter (2, 3) verbundenen Kondensator (4) gebildet sind, wobei  $n \geq 1$  ist und jede der  $n$  ersten Schaltgruppen (1.1,..., 1. $n$ ) parallel mit der jeweils benachbarten ersten Schaltgruppe (1.1,...,1. $n$ ) verbunden ist und der erste und der zweite Leistungshalbleiterschalter (2, 3) der ersten ersten Schaltgruppe (1.1) miteinander verbunden sind. Zur Verringerung der gespeicherten elektrischen Energie der Umrichterschaltung sind  $p$  zweite Schaltgruppen (5.1, ..., 5. $p$ ) und  $p$  dritte Schaltgruppen (6.1, ..., 6. $p$ ) vorgesehen, welche jeweils durch einen ersten Leistungshalbleiterschalter (2) und einen zweiten Leistungshalbleiterschalter (3) und durch  
15 einen mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterschalter (2, 3) verbundenen Kondensator (4) gebildet sind, wobei  $p \geq 2$  ist und jede der  $p$  zweiten Schaltgruppen (5.1, ..., 5. $p$ ) parallel mit der jeweils benachbarten zweiten Schaltgruppe (5.1, ..., 5. $p$ ) verbunden ist und jede der  $p$  dritten Schaltgruppen (6.1, ..., 6. $p$ ) parallel mit der jeweils benachbarten dritten Schaltgruppe (6.1, ..., 6. $p$ ) verbunden ist und die erste zweite Schaltgruppe (5.1) mit dem Kondensator (4) der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe (1. $n$ ) verbunden ist und die erste dritte Schaltgruppe (6.1) mit dem Kondensator (4) der  $n$ -ten ersten Schaltgruppe (1. $n$ ) verbunden ist. Ferner ist der Kondensator (4) der  $p$ -ten zweiten Schaltgruppe (5. $p$ ) mit dem Kondensator (4) der  $p$ -ten dritten Schaltgruppe (6. $p$ ) seriell verbunden ist.  
20

Fig. 1

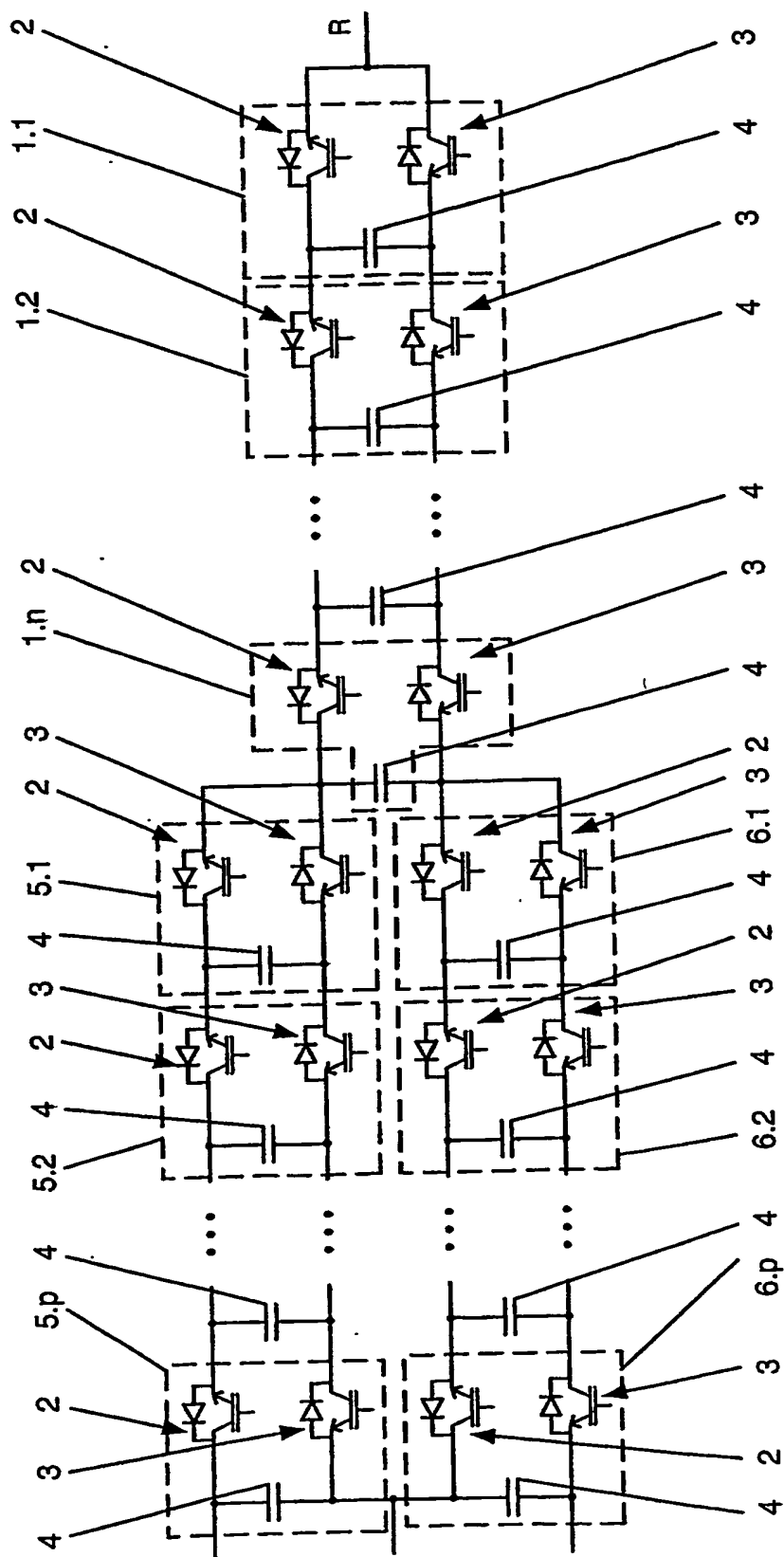
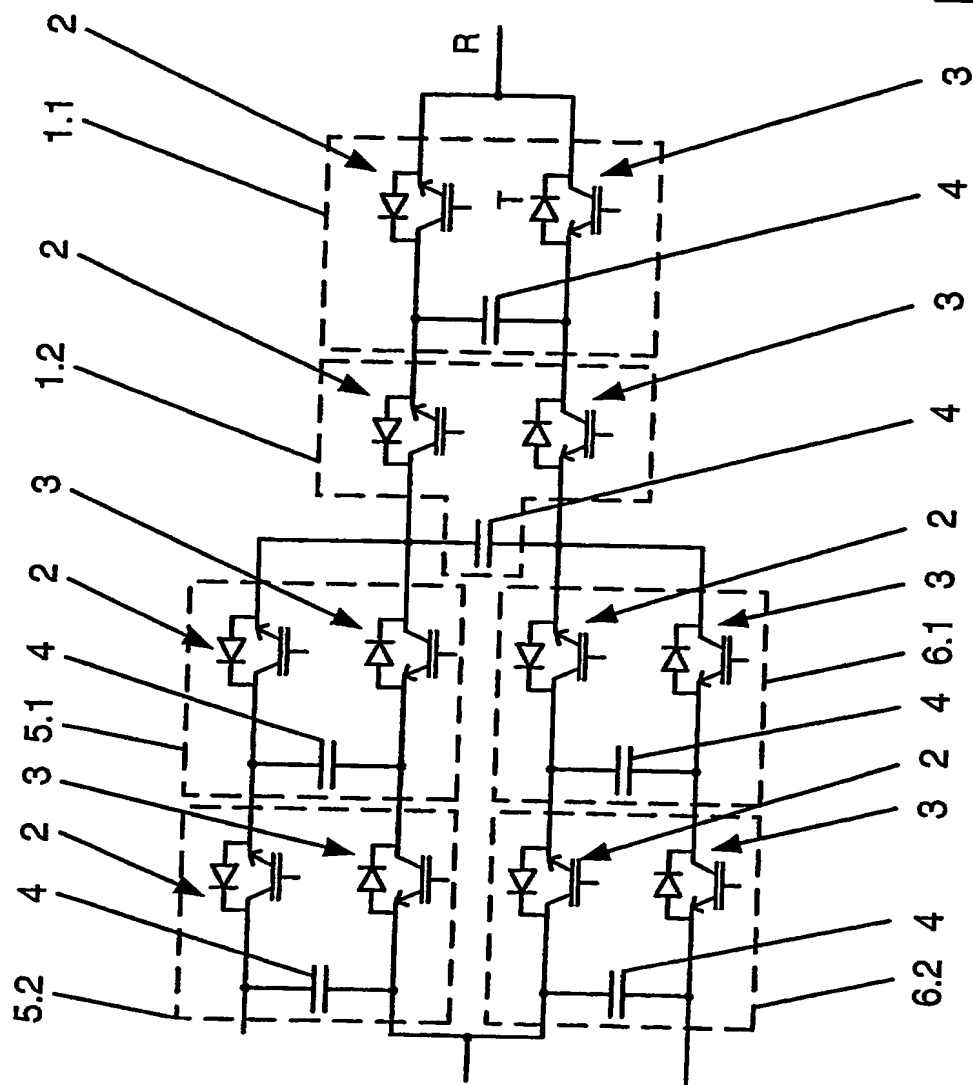


Fig. 1

**Fig. 2**

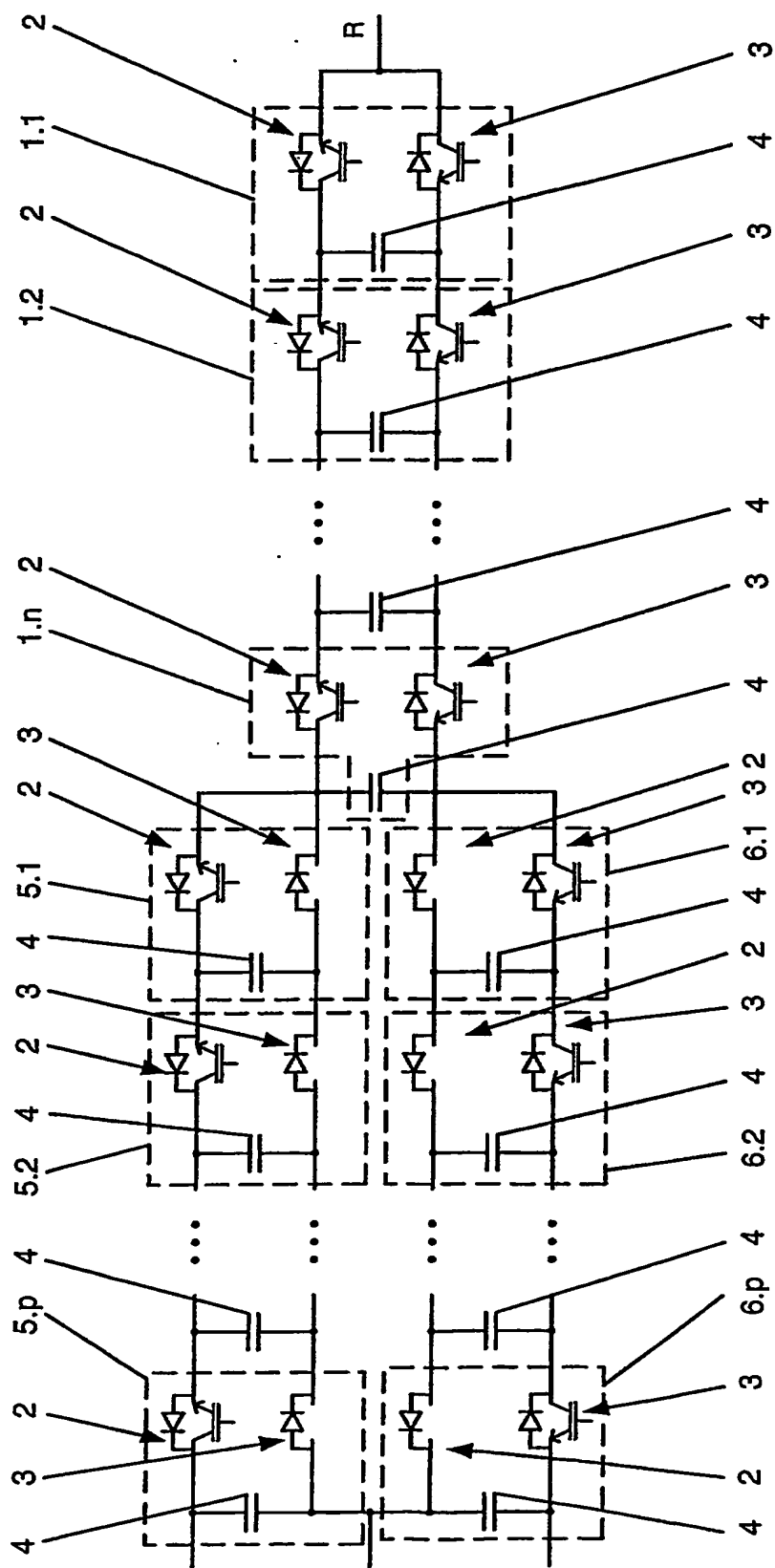


Fig. 3

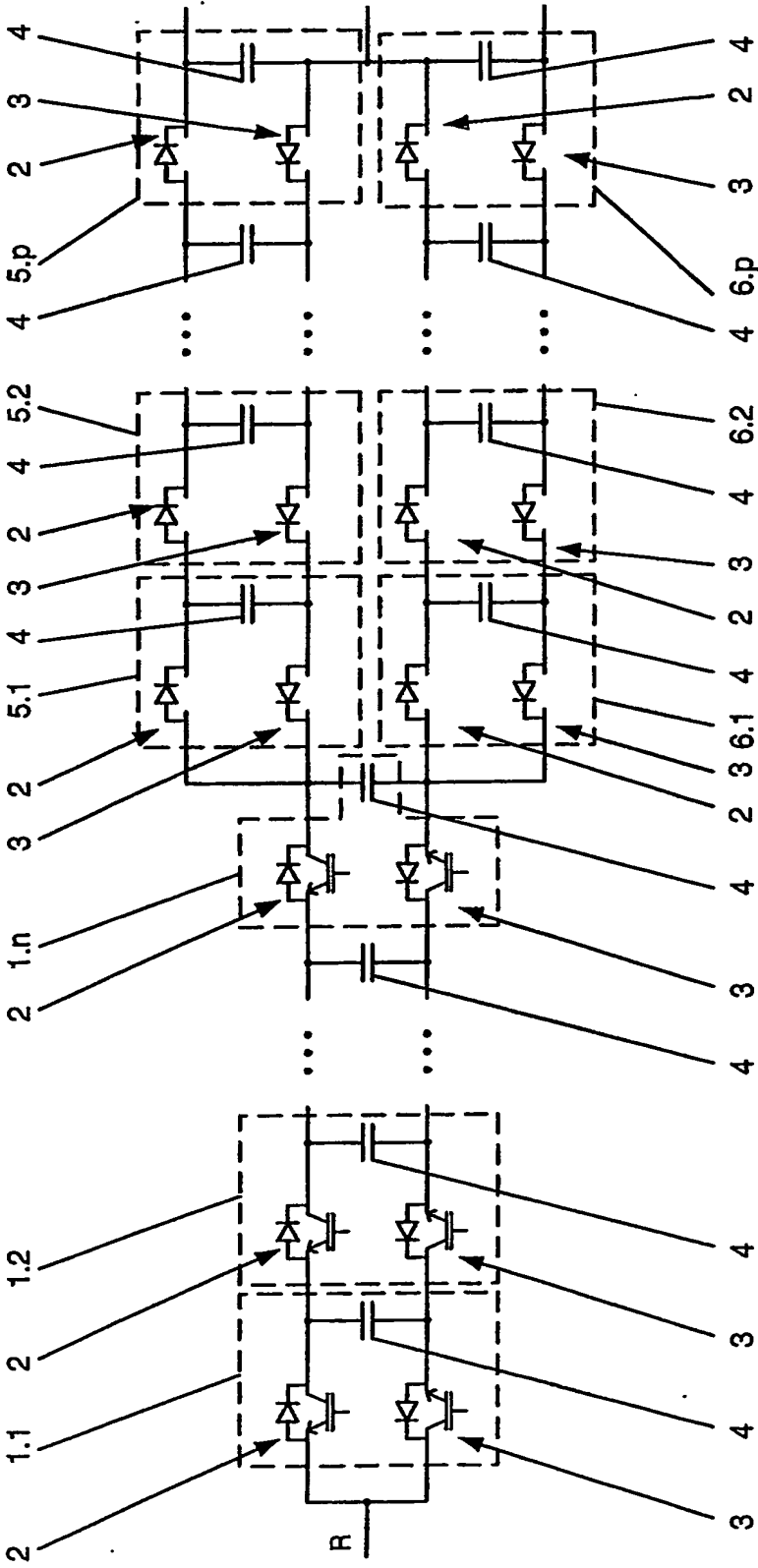


Fig. 4

PCT Application

**CH0300768**

